

KETAHANAN BETON MUTU TINGGI DI LINGKUNGAN ASAM

Jaya Alexander Pandiangan

Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil S1, Fakultas Teknik, Universitas Riau, Pekanbaru 28293

e-mail: alex.pandiaz@gmail.com

Monita Olivia

Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau, Pekanbaru 28293

e-mail: monitawibisono@yahoo.com

Lita Darmayanti

Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau, Pekanbaru 28293

e-mail: litlit98@yahoo.com

ABSTRACT

This research studies the durability of high strength concrete in acidic environment likes peat water and sulfuric acid solution. The high strength concrete will immersion in that both solution. After that, concrete will testing by mechanics and physical behavior likes compressive strength test, permeability test, porosity test, mass lost, visual changes, and acidic depth penetration by age of concrete. The main indictor of acidic solution in this reseach is point of hydrogen (pH) by solution. The range of pH by peat water are 4.00 – 5.00 and sulfuric acid is 5.00. The limited of compressive strength of the test spesimen is 50 MPa. This research gives the decrease of compressive strength by age in peat water immersion, whereas in sulfuric acid immersion this research shows the increase of compressive strength by age. The value of permeability of concrete in peat water immersion show the increase of permeability by age, but in sulfuric acid immersion the value of permeability increase in 28 days immersion and then decrease in 91 days immersion. Percent of porosity increase in 28 days immersion and decrease in 91 days immesion in peat water and sulfuric acid solution. Weight change test shows the decrease of weight of the test speciment from all solution. The visual inspection changes test gives colouring changes onlyin test specimen in acidic solution and the result of depth penetration acid test is not showed the different result.

Keyword: Peat water, sulfuric acid, high strength concrete, mass lost, compressive strength, acidic penetration, permeability, pH, porosity, visual inspection

1. PENDAHULUAN

Lingkungan asam yang mengandung unsur kimia asam akan merusak beton secara perlahan-lahan mulai dari tepi dan sudut beton dengan terjadinya pelepasan butiran-butiran partikel beton sehingga beton menjadi keropos (Purba, 2006). Jika beton keropos, maka ikatan antara pasta beton

dengan agregat akan semakin berkurang sehingga terjadi penurunan kuat tekan beton.

Lahan gambut adalah salah satu lingkungan asam yang menjadi perhatian khusus di dunia konstruksi beton. Kandungan air gambut memiliki intensitas warna tinggi (coklat kemerahan), pH rendah, kandungan zat organik tinggi, kekeruhan dan kandungan partikel tersuspensi rendah dan

tingkat kesadahan yang rendah. Air gambut dengan kandungan zat organik yang tinggi memiliki derajat keasaman (pH) yang rendah dan mengakibatkan air tersebut bersifat asam (Kusnaedi, 2006). Derajat keasaman dari air gambut dapat menimbulkan masalah korosi pada bahan konstruksi seperti beton.

Ada banyak jenis asam yang dapat merusak beton, salah satu diantaranya adalah asam sulfat (H_2SO_4) yang sangat agresif terhadap beton. Menurut Song (2007), asam sulfat adalah senyawa asam yang terbentuk secara alam di permukaan tanah dan air tanah dan asam sulfat adalah asam yang paling sering dijumpai di lingkungan sekitar serta agresifitasnya yang tinggi dibandingkan dengan asam lainnya.

Umumnya beton memiliki tingkat proteksi yang tinggi terhadap korosi. Beton yang memiliki faktor air semen yang rendah dengan perawatan yang baik memiliki permeabilitas yang rendah dimana akan mengurangi penetrasi unsur-unsur penyebab korosi seperti oksigen (O_2), ion klorida (Cl^-), karbondioksida (CO_2), ion sulfat (SO_4^{2-}), air (H_2O) dan banyak lagi. Semakin baik mutu suatu beton maka permeabilitasnya semakin rendah. Ini berarti bahwa kemungkinan terekspos terhadap lingkungan yang korosif semakin kecil (Siregar, 2006).

Beton mutu tinggi menjadi tinjauan khusus untuk lingkungan agresif dikarenakan disamping kekuatannya tinggi, permeabilitas dan porositasnya juga kecil yang akan mempersulit serangan asam lebih parah lagi sampai ke inti beton. Meskipun beton mutu tinggi memiliki ikatan antar pasta dengan agregat yang lebih kuat dari beton normal, beton mutu tinggi juga masih rentan mengalami penurunan durabilitas di lingkungan asam.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1. Pemeriksaan Karakteristik Material

Material yang digunakan adalah agregat kasar dan agregat halus asal Sungai Kampar, Riau. Agregat kasar yang digunakan adalah batu pecah sedangkan agregat halus yang digunakan adalah pasir alam. Adapun jenis pemeriksaan yang dilakukan tertera pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Pengujian Material

No.	Jenis pemeriksaan	Sumber
1	Kadar lumpur (%)	ASTM C 142
2	Berat jenis (gr/cm^3)	SNI 03-1970-1990
3	Kadar air (%)	SNI 03-1970-1990
4	Modulus kehalusan	SNI 03-1970-1990
5	Berat volume (gr/cm^3)	ASTM C29 – C29M
6	Ketahanan aus (%)	SNI 03-2417-1991
7	Kandungan organik	ASTM C-40

2.2. Perencanaan Mixdesign

Desain campuran (*mix design*) beton pada penelitian ini mengikuti langkah perhitungan metode SNI 03-2834-1993 yang mengadopsi metode ACI (*America Concrete Institute*). Mutu beton yang direncanakan pada penelitian ini adalah beton dengan kuat tekan rencana 50 MPa. Pada penelitian ini digunakan bahan *superplastisizer* yang berguna untuk mengurangi air dalam jumlah besar, memperbaiki *workability* adukan dan meningkatkan kuat tekan beton. *Superplastisizer* yang digunakan adalah *Sikament-NN* dengan dosis sebesar 1% dari berat semen. Komposisi campuran yang didapat tertera pada berikut ini.

Semen	: 517,95 kg/m^3
Air	: 189,58 kg/m^3
Agregat Kasar	: 874,13 kg/m^3
Agregat Halus	: 773,80 kg/m^3
<i>Sikament-NN</i>	: 5,18 kg/m^3

2.3. Pengujian Beton

Pada penelitian ini terdapat dua tahap perendaman benda uji. Pertama, perawatan benda uji (*curing*) pada genangan air bersih selama 28 hari. Kedua, perendaman benda uji pada air gambut, asam sulfat dan air biasa sebagai kontrol yang dilakukan setelah perendaman 28 hari pada air bersih. Perendaman 28 hari pertama dimaksudkan agar benda uji terlebih dahulu matang, setelah itu benda uji dimasuk ke rendaman air gambut dan asam sulfat.

Dalam penelitian ini, ketiga jenis air untuk perendaman yaitu air gambut (*peat water*), asam sulfat (*sulfur acid*), dan air biasa sebagai kontrol penelitian menjadi media perendaman benda uji yang tepat untuk mengetahui kinerja beton mutu tinggi pada lingkungan asam. Nilai derajat

keasaman (pH) adalah indikator utama dalam penelitian ini. Nilai derajat keasaman dari rendaman adalah sebagai berikut; air gambut pH = 4,00 – 5,00; asam sulfat pH = 5,00; dan air biasa pH = 7,00.

Untuk mengetahui kinerja dari beton ini maka akan dilakukan beberapa pengujian terhadap beton yang sudah mengeras tersebut. Adapun setiap jenis pengujian dilakukan untuk mengetahui perubahan ketahanan beton pada setiap rendaman uji. Pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut: pengujian kuat tekan (Gambar 1), pengujian permeabilitas (Gambar 2), pengujian porositas (Gambar 3), pengujian kehilangan massa (Gambar 4), pengujian tampak visual (Gambar 5) serta pengujian kedalaman penetrasi asam (Gambar 6) terhadap beton.



Gambar 1. Uji Tekan



Gambar 2. Uji Permeabilitas



Gambar 3. Uji Porositas



Gambar 4. Uji Kehilangan Massa



Gambar 5. Uji Tampak Visual



Gambar 6. Uji Kedalaman Penetrasi Asam

Tabel 2. Rincian Jumlah benda uji

Rendaman	Kontrol Kuat Tekan	Kuat Tekan			Porositas			Rembesan Air (Permeabilitas)			Visual & Penetrasi Asam		Kehilangan berat
	28 hari awal	7 hari	28 hari	91 hari	7 hari	28 hari	91 hari	7 hari	28 hari	91 hari	7 hari	91 hari	*)
Air Gambut	3	3	3	3	1	1	1	2	2	2	1	1	3
Asam Sulfat	3	3	3	3	1	1	1	2	2	2	1	1	3
Air Biasa	3	3	3	3	1	1	1	2	2	2	1	1	3
Jumlah	9	27			9			18			6		9
Total	78												

Ket: *) Pengujian sesuai umur benda uji pada ASTM C267

2.4 Benda uji

Perencanaan jumlah benda uji yang akan dibuat pada penelitian ini berjumlah 78 benda uji dengan tiga jenis bentuk benda uji. Benda uji berbentuk kubus dengan dimensi 15 x 15 x 15 cm sebanyak 45 sampel yang akan digunakan untuk pengujian kuat tekan dan permeabilitas. Benda uji berbentuk silinder dengan dimensi diameter 10 cm, tinggi 20 cm sebanyak 18 sampel yang akan digunakan untuk pengujian porositas. Benda uji berbentuk kubus 5 x 5 x 5 cm sebanyak 15 sampel yang akan digunakan untuk pengujian kehilangan massa (*mass loss*) dan

pengujian tampak visual dan penetrasi umur 1, 7, 14, 21, 28, 42, 56, 72, 84, 91 hari rendaman asam. kedalaman asam. Untuk rincian benda uji yang akan dibuat, dapat dilihat pada Tabel 2.

Pengujian kuat tekan kontrol dilakukan pada umur 28 hari sebelum masuk ke rendaman asam. Pengujian kuat tekan, permeabilitas dan porositas dilakukan pada umur 7, 28 dan 91 hari rendaman asam. Pengujian kedalaman penetrasi asam dilakukan pada umur 7 dan 91 hari rendaman asam. Umur rendaman benda uji pengujian kehilangan massa dan perubahan visual pada umur 7 dan 91 hari.

Tabel 3. Hasil pengujian karakteristik material

Jenis Pemeriksaan	Hasil (ag.kasar)	Hasil (ag.halus)	Standar
Berat Jenis (gr/cm³)			
a. <i>Apparent specific gravity</i>	2,66	2,94	2,58 - 2,84
b. <i>Bulk specific gravity on dry</i>	2,56	2,46	2,58 - 2,85
c. <i>Bulk specipy gravity on SSD</i>	2,60	2,62	2,58 - 2,86
d. <i>Absorption (%)</i>	1,41	6,63	2,00 – 7,00
Kadar air (%)	1,01	0,73	3,00 – 5,00
<i>Fine modulus</i>			
	-	3,29	1,50 - 3,80
	6,11	-	6,00 – 7,10
Berat Volume			
a. Kondisi padat	1,52	1,71	1,40 – 1,90
b. Kondisi lepas	1,39	1,62	1,40 – 1,90
Kadar Lumpur (%)	-	3,57	< 5
Kandungan zat organik	-	No.3	No.3
Keausan (%)	30,88	-	< 40

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian yang dapat dibahas meliputi hasil pengujian karakteristik material, hasil pengujian kandungan air gambut, hasil pengujian kuat tekan beton, hasil pengujian permeabilitas beton, hasil pengujian porositas beton, hasil pengujian kehilangan massa beton, hasil pengujian penetrasi asam serta hasil pengujian perubahan tampak visual.

3.1. Hasil Pengujian Karakteristik Material

Hasil pengujian karakteristik material yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3 di atas. Hasil pengujian ini akan digunakan untuk perencanaan campuran (*mixdesign*) beton uji.

3.2 Hasil Pengujian Kandungan Air Gambut

Air gambut yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari daerah Rimbo Panjang, Kabupaten Kampar, Riau. Untuk pengujian kandungan air gambut ini dilakukan di UPT Pengujian dan Sertifikasi Mutu Barang, Dinas Perindustrian dan Perdagangan, Pekanbaru. Adapun beberapa indikator yang diuji beserta hasil uji dari air gambut ini dapat dilihat pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Hasil pengujian kandungan air gambut asal Rimbo Panjang, Kampar

Karakteristik	Satuan	Hasil	Metode Pengujian
pH	-	4,94	Elektrometri
Warna	-	400	Tabung nessler
Zat Organik	mg/L	33,69	Titrimetri
Sulfat	mg/L	37,84	Spektrofotometri
Besi	mg/L	0,208	AAS

Sumber: UPT Pengujian dan Sertifikasi Mutu Barang, DISPERINDAG, Pekanbaru, 2013

Indikator yang paling dibutuhkan dalam penelitian ini adalah derajat keasaman (pH) rendaman. Derajat keasaman (pH) dari air gambut ini tidaklah tetap akan tetapi dapat

berubah sesuai kondisi cuaca dan faktor lain yang mempengaruhinya. Jadi, dalam penelitian ini dibuat suatu rentang derajat keasaman (pH) air gambut yaitu 4,00 – 5,00.

Sebelum benda uji direndam ke dalam air gambut, terlebih dahulu dilakukan pengujian pH secara langsung di lapangan menggunakan pH-meter. Dalam penelitian ini terdapat 3 kali penggantian air gambut dengan tujuan agar menjaga kadar pH air gambut tetap. Penggantian air gambut dilakukan per 30 hari umur rendaman sehingga terdapat 3 kali pengujian kadar pH di lapangan untuk rendaman yang akan digunakan. Hasil pengujian pH di lapangan secara berturut-turut adalah 4,11 (air gambut di bulan I), 4,09 (air gambut di bulan II) dan 4,20 (air gambut di bulan III). Proses penggantian rendaman ini juga dilakukan pada rendaman asam sulfat.

3.2. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Pada penelitian ini didapatkan beberapa hasil kuat tekan berdasarkan rendaman asam masing-masing. Untuk setiap umur pengujian telah diuji sebanyak tiga (3) sampel uji dari setiap rendaman. Dari ketiga sampel tersebut didapatkan hasil rata-rata kuat tekan.

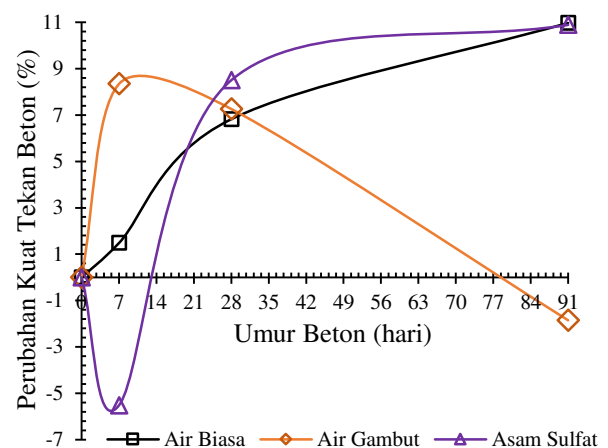
Hasil kuat tekan pada rendaman air biasa menunjukkan peningkatan kuat tekan seiring bertambahnya umur beton. Hasil perubahan peningkatan kuat tekan pada rendaman air biasa bisa di lihat pada Gambar 7. Hasil ini disebabkan oleh adanya proses hidrasi beton yang berlangsung dengan baik di dalam beton pada rendaman air biasa. Proses hidrasi ini mempengaruhi pori beton yang semakin kecil seiring bertambahnya umur beton dan menyebabkan ikatan antar agregat di dalam beton semakin rapat. Pori-pori beton mengecil sehingga menghasilkan kuat tekan yang meningkat juga seiring pertambahan umur beton (Neville, 1995; Hawlett, 2004).

Hasil yang didapatkan pada rendaman air gambut terjadi peningkatan kuat tekan pada umur 7 hari lalu menurun pada umur 28 hari dan 91 hari. Peningkatan kuat tekan pada umur 7 hari ini bisa terjadi karena di dalam air gambut terdapat juga mineral, bakteri dan organik-organik lain yang berpotensi menutup pori-pori dari beton. Setelah sifat asam dari air gambut merusak permukaan beton, bahan-bahan organik tersebut akan hinggap dan bertahan di pori-pori beton dan berpotensi menutup pori-pori tersebut sehingga kerusakan beton tidak sampai ke dalam beton dan membuat beton semakin kuat di dalam inti beton.

Salah satu faktor yang menyebabkan tertutupnya pori pada permukaan beton oleh organik-organik ini adalah aktifitas yang terjadi akibat kondisi rendaman yang statis. Dalam prinsip kondisi perlakuan dari kelarutan rendaman terdapat dua model yang terjadi, yaitu (1) kondisi statis (diam) dimana tidak terjadi pergerakan dan perputaran siklus pada rendaman; (2) kondisi dinamis (bergerak) dimana terjadi pertukaran siklus di dalam rendaman (Bajza dan Zivica, 2002). Untuk itu perlu pengadukan setiap hari pada air rendaman agar terjadi perputaran siklus pada rendaman. Proses pengadukan rendaman ini akan bersifat dinamis dan mendekati kondisi yang nyata seperti di lapangan pada lahan gambut yang siklus airnya selalu dinamis.

Berbeda dengan hasil kuat tekan pada rendaman asam sulfat. Terjadi penurunan kuat tekan pada umur 7 hari lalu meningkat pada umur 28 hari dan 91 hari. Penurunan pada umur 7 hari terjadi akibat reaksi asam sulfat dengan beton tersebut. Asam sulfat menyerang ikatan struktur beton mulai dari tepi permukaan beton hingga masuk ke dalam dan semakin merusak dan melemahkan ikatan antar partikel di dalam beton. Akan tetapi terjadi peningkatan pada

umur 28 dan 91 hari rendaman asam sulfat. Hasil ini merupakan data yang berbeda dari penelitian sebelumnya karena seharusnya kuat tekan menurun pada rendaman asam sulfat sesuai pertambahan umur. Peningkatan ini mungkin akibat terjadinya perbaikan pori beton seiring berkurangnya kekuatan serangan asam terhadap beton mengingat beton yang digunakan adalah beton mutu tinggi dengan kerapatan antara agregat beton yang erat dan kuat.



Gambar 7. Grafik perubahan kuat tekan beton

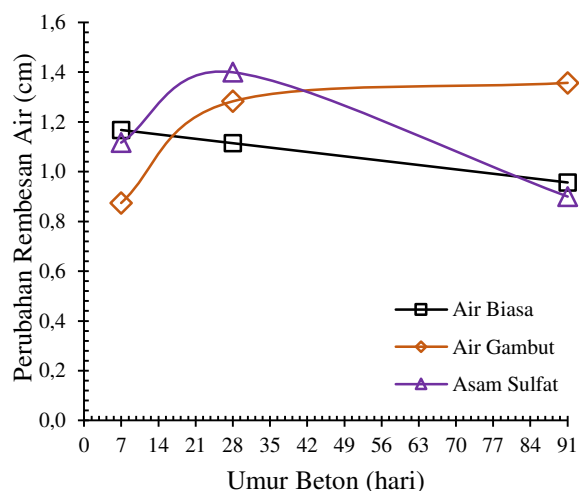
3.3. Hasil Pengujian Rembesan Air/Permeabilitas Beton

Pengujian permeabilitas ini bertujuan untuk mengetahui angka permeabilitas dari beton setelah terendam pada rendaman asam sulfat dan air gambut. Untuk setiap umur pengujian telah diuji sebanyak satu (1) sampel uji kubus 15x15x15 cm pada masing-masing rendaman. Dari satu sampel tersebut didapatkan hasil angka permeabilitas beton seperti pada Gambar 8.

Pada rendaman air biasa terjadi penurunan nilai permeabilitas seturut dengan pertambahan umur beton. Ini adalah tren normal pada beton yang disebabkan oleh proses hidrasi di dalam beton yang memperbaiki ikatan antar agregat dan semen yang membuat pori dari beton semakin rapat dan menyebabkan daya rembes beton

terhadap air semakin kecil seturut dengan bertambahnya umur beton. Pada rendaman asam sulfat terjadi peningkatan nilai permeabilitas dari umur 7 hari menuju umur 28 hari, lalu menurun lagi pada umur 91 hari. Peningkatan yang terjadi pada umur 7 hari ini disebabkan oleh reaksi antara beton dengan asam sulfat yang berpotensi mengganggu proses hidrasi beton dan memperbesar pori beton pada umur awal. Penurunan angka permeabilitas pada umur 28 dan 91 hari ini bisa terjadi akibat tertutupnya kembali pori beton akibat dari dekomposisi hasil reaksi asam dengan beton yang membuat serangan asam tidak bisa masuk ke dalam beton sehingga proses hidrasi di dalam beton tetap berjalan dan membuat terjadinya perbaikan pori di dalam beton dan memperkecil pori beton tersebut.

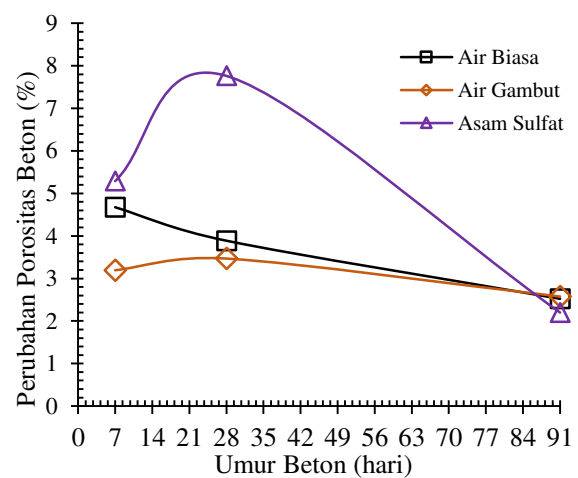
Hasil di rendaman air gambut menunjukkan peningkatan angka permeabilitas seturut pertambahan umur beton. Hal ini terjadi akibat proses perusakan asam dari air gambut yang terus masuk ke dalam beton dan mengganggu proses hidrasi serta merusak produk hidrasi tersebut. Hal ini menyebabkan perbesaran pori beton dan berpotensi besar untuk mempermudah serangan asam masuk lebih dalam lagi ke dalam beton



Gambar 8. Grafik perubahan rembesan air terhadap beton

3.4. Hasil Pengujian Porositas Beton

Pengujian porositas beton ini bertujuan untuk mengetahui angka pori dari beton setelah terendam pada rendaman asam sulfat dan air gambut. Pada penelitian ini didapatkan beberapa hasil porositas beton berdasarkan rendaman asam masing-masing. Untuk setiap umur pengujian telah diuji sebanyak dua (2) sampel uji selinder D-10 cm H-20 cm pada masing-masing rendaman. Dari kedua sampel tersebut didapatkan hasil rata-rata angka porositas beton.



Gambar 9. Grafik perubahan porositas beton

Hasil pengujian porositas beton pada rendaman air biasa seperti pada Gambar 9 terjadi penurunan persen pori seiring pertambahan umur beton akibat proses hidrasi beton yang memperbaiki pori beton dan ikatan antar agregat dalam beton. Sedangkan pada rendaman air gambut terjadi peningkatan persen pori dari umur 7 hari menuju umur 28 hari lalu menurun pada umur 91 hari. Peningkatan terjadi akibat reaksi air gambut yang mengganggu proses hidrasi beton dan merusak produk hidrasi beton. Hal ini akan memperbesar pori dari beton pada umur awal. Selanjutnya terjadi penurunan persen pori beton pada umur 28 dan 91 hari ini mungkin akibat perbaikan pori di dalam inti beton oleh proses hidrasi. Proses hidrasi ini kembali bereaksi akibat

tertutupinya kembali pori permukaan beton oleh dekomposisi hasil reaksi asam dengan beton.

Hasil yang sama juga ditunjukkan pada rendaman asam sulfat. Pada rendaman asam sulfat terjadi peningkatan angka pori pada umur 7 hari menuju umur 28 hari lalu menurun pada umur 91 hari. Mekanisme peningkatan pada umur awal lalu menurun pada umur selanjutnya ini terjadi akibat proses reaksi kimia dari asam dengan beton. Perlakuan yang terjadi pada benda uji sama seperti yang tertera pada penjelasan benda uji di air gambut.

3.6 Hasil Pengujian Kehilangan Massa Beton

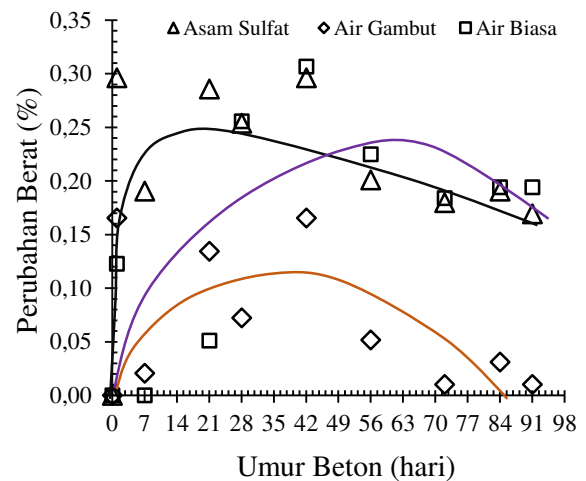
Pada pengujian kehilangan massa ini menguji sebanyak 3 sampel kubus berukuran 5 x 5 x 5 cm (ASTM C 267) yang akan dilakukan proses penimbangan massa pada umur 0, 1, 7, 14, 21, 28, 42, 56, 72, 84, dan 91 hari. Dari ketiga sampel yang diuji, didapatkan massa rata-rata untuk setiap umur pengujian.

Pada Gambar 10 ditampilkan hasil yang didapatkan pada pengujian kehilangan massa yang sangat fluktuatif akan tetapi cenderung menunjukkan penurunan massa dari spesimen uji. Penurunan ini terjadi akibat reaksi yang terjadi antara rendaman asam dengan beton. Reaksi yang terjadi menimbulkan efek lemah dan melembutkan ikatan antar partikel di dalam beton yang menyebabkan sebagian partikel itu rusak dan terlepas dari ikatan antar partikel di beton tersebut. Terlepasnya beberapa partikel ini jelas akan mengurangi massa dari beton itu sendiri. Untuk penjelasan berdasarkan grafik bisa dilihat pada Gambar 10 dibawah ini.

3.7 Hasil Pengujian Kedalaman Penetrasi Asam

Pengujian penetrasi asam dilakukan pada umur uji 7 dan 91 hari untuk setiap

tanggal pengujian sebanyak satu (1) sampel. Pengujian ini dilakukan dengan larutan *phenolphthalein* yang akan memberi efek warna pada benda uji ketika disemprotkan pada benda uji. Pengujian penetrasi kedalaman asam bertujuan untuk mengetahui kedalaman serangan atau penetrasi asam terhadap beton.



Gambar 10. Grafik perubahan massa beton

Pada pengujian ini, indikator perubahan warna beton setelah disemprot menjadi acuan untuk pembeda antara bagian beton yang telah terserang asam dengan bagian yang belum terserang. Jika beton berubah menjadi warna ungu maka hal ini menunjukkan beton bersifat basa. Jika beton tidak berubah warna (bening) maka hal ini menunjukkan beton bersifat asam (terserang asam). Dari hasil yang ditunjukkan, tidak terlalu kelihatan perubahan warna pada inti dalam benda uji setelah pada umur 7 dan 91 hari pengujian seperti pada Gambar 11.

3.8 Hasil Pengujian Perubahan Tampak Visual

Inspeksi tampak visual ini akan memperlihatkan perubahan warna beton, kerusakan seperti retak tepi pada permukaan beton serta perubahan bentuk permukaan beton setelah terpapar pada rendaman asam. Reaksi antara asam dengan

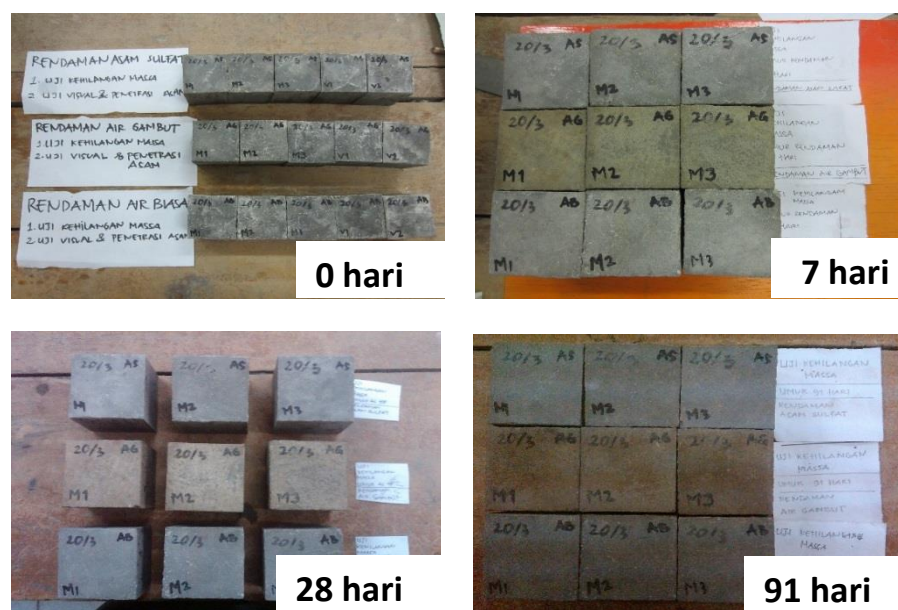
beton mempengaruhi warna dan tekstur permukaan dari beton.

Terlihat jelas perubahan warna yang terjadi pada benda uji di rendaman air gambut. Benda uji semakin berwarna kuning setara dengan bertambahnya umur rendaman benda uji. Hal ini terjadi karena air gambut secara visual memiliki warna merah

kecoklatan. Sedangkan pada rendaman asam sulfat dan air biasa tidak terjadi perubahan warna benda uji karena kedua rendaman ini tidak berwarna/bening. Untuk lebih jelasnya, hasil pengujian ini bisa di lihat pada Gambar 12.



Gambar 11. Hasil pengujian penetrasi asam beton; (a) umur 7 hari rendaman, (b) umur 91 hari rendaman



Gambar 12. Hasil pengujian tampak visual beton

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan yang dilakukan terhadap durabilitas beton di rendaman air gambut, asam sulfat dan air biasa ini, maka diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Beton pada rendaman air biasa akan mengalami peningkatan kekuatan tekan sejalan dengan penambahan umur beton dan mengalami penurunan porositas dan permeabilitas beton sejalan dengan penambahan umur beton.
2. Tingkat keasaman rendaman (pH) merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi ketahanan beton mutu tinggi. Semakin rendah pH rendaman, semakin tinggi daya serang terhadap beton dan sebaliknya.
3. Beton di rendaman air gambut dengan nilai $\text{pH} = 4,0 - 4,5$ akan cenderung menurunkan kekuatan beton, sedangkan beton pada rendaman asam sulfat dengan nilai $\text{pH} = 5,0$ cenderung tidak menurunkan kekuatan beton serta durabilitas beton dikarenakan nilai pH yang rendah dan beton mutu tinggi yang memiliki kekedapan beton yang tinggi.
4. Beton pada rendaman air gambut cenderung meningkatkan porositas dan permeabilitas beton seturut dengan pertambahan umur beton sedangkan beton pada rendaman asam sulfat cenderung menurunkan porositas dan permeabilitas beton seturut dengan pertambahan umur beton.
5. Hasil dari pengujian kehilangan massa menunjukkan hasil cenderung peningkatan massa beton pada umur awal lalu diikuti dengan penurunan

massa beton untuk umur yang lebih lama lagi.

6. Pengujian kedalaman penetrasi asam tidak menunjukkan perbedaan yang mencolok dari pengujian di awal dan di akhir.
7. Pengujian tampak visual hanya menunjukkan perubahan warna yang terjadi pada benda uji. Beton terlihat semakin berwarna pekat sejalan dengan umur rendaman terutama pada rendaman air gambut.

4.2 Saran

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan selama pengujian ini, maka diberikan beberapa saran sebagai berikut.

1. Untuk semua jenis pengujian yang berhubungan dengan suhu ruangan, harus dikontrol agar suhu ruangan tetap ketika proses pengujian.
2. Untuk proses pembuatan benda uji disarankan untuk melakukan perlakuan yang sama terhadap setiap benda uji agar tidak terjadi perbedaan sifat mekanik antar beton.
3. Kontrol terhadap nilai derajat keasaman (pH) rendaman harus lebih diperhatikan sebagai indikator utama pengujian.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih diucapkan kepada semua pihak yang telah membantu selama penelitian terutama kepada: Dosen Pembimbing, Ibu Monita Olivia dan Ibu Lita Darmayanti untuk saran dan bimbingan yang membangun.

DAFTAR PUSTAKA

ACI Committee 318 (1999), "*Building Code Requirement for Reinforced Concrete (ACI 318-99) and Commentary (ACI*

- 318R-99)", American Concrete Institute, Farmington Hills, Mich., 391 pp.
- American Concrete Institute (ACI).** 2008. *Guide for Selecting Proportions for High-Strength Concrete Using Portland Cement and Other Cementitious Materials*. Farmington Hills: ACI
- ASTM C 29 – C29M.** 2006. *Standard Test Methods for Bulk Density ("Unit Weight") and Void in Aggregate*. United States: ASTM.
- ASTM C 40.** 2006. *Standard Test Methods for Organic Impurities in Fine Aggregates for Concrete*. United States: ASTM.
- ASTM C 267.** 2006. *Standard Test Methods for Chemical Resistance of Mortars, Grouts, and Monolithic Surfacing and Polymer Concretes*. United States: ASTM.
- Bajza, A & Zivica V.** 2009. *Acidic attack of cement-based—a review Part 2. Factors of rate of acidic and protective measure*. Slovak Republic: Slovak University of Technology.
- Kusnaedi.** 2002. *Mengolah Air Gambut dan Air Kotor untuk Air Minum*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Purba, Parhimpunan.** 2006. *Pengaruh Kandungan Sulfat terhadap Kuat Tekan Beton*. UNDIP: Jurnal Teknik Sipil PSD III, UNDIP
- Siregar, Atur P N.** (2006). *Laju Korosi Tulangan pada Mutu Beton yang Berbeda*. SMARTek: Jurnal Teknik Sipil, Mesin, Arsitektur, Elektro
- SNI 03-1968-1990.** (1990). *Metode Pengujian Tentang Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar*. Bandung: Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 03-1969-1990.** (1990). *Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar*. Bandung: Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 03-1970-1990.** (1990). *Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus*. Bandung: Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 03-1971-1990.** (1990). *Metode Pengujian Kadar Air Agregat*. Bandung: Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 03-1974-1990** (1990). *Metode Pengujian Kuat Tekan Beton*. Bandung: Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 03-2417-1991.** (1991). *Metode Pengujian Keausan Agregat dengan mesin Abrasi Los Angeles*. Bandung: Badan Standarisasi Nasional.
- Song, Xiujiang.** 2007. *Development and Performance of Class F Fly Ash Based Geopolymer Concretes against Sulphuric Acid Attack*. Sydney, Australia: The University of New South Wales